

Kdo je J. B. West?

Málek J.

Klinika anesteziologie a resuscitace 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice Královské Vinohrady, Praha
Komise pro historii ČSARIM JEP

Znalost Westových zón v plicích patří mezi obligátní vědomosti při zkouškách z anesteziologie a intenzivní medicíny. Letos je to 60 let od jejich publikace v časopise *Journal of Applied Physiology* [1]. Mimochodem, prof. West je nikdy nenazýval podle sebe. Ve skutečnosti by se jim mělo říkat „Permuttovy zóny“, protože Solbert Permutt (1925–2012, jeden ze zakladatelů respirační medicíny a fyziologie) a jeho kolegové tento teoretický koncept publikovali o rok dříve [2], ale West a kol. byli první, kdo ho experimentálně prokázali. Odebrali psovi po usmrcení (v článku je uveden i druh psa – voříšek) levou plíci a přes peristaltickou pumpu na arteriální straně a zásobník na venózní straně, které umožňovaly měnit tlaky na vstupu a výstupu, ji napojili na venózní oběh dalšího psa. Plíce byla v uzavřeném boxu ventilována negativním tlakem. Do krve poté přidali radioaktivní xenon Xe^{133} a měřili radioaktivitu při vertikálním posunu scintigrafu po 0,5 cm a měnících se podmínkách průtoku krve. Bylo možné simulovat rozložení průtoku zjištěné u člověka při různých fyziologických a patologických stavech. Potvrdili, že rozložení průtoku bylo možné zcela vysvětlit mechanickými účinky tlaku uvnitř a vně cév. Závěrem bylo potvrzení, že existuje vertikální gradient perfuze a že na základě perfuze lze plíci rozdělit na tři samostatné oblasti (čtvrtá byla přidána později, v roce 1968) [3]. Nerovnoměrnost ventilace pomocí radioaktivního CO_2 s kyslíkem O^{15} popsal West a kol. in vivo u člověka již v r. 1960 [4].

Kdo tedy byl J. B. West? Profesor John B. West, MD, PhD, DSc, patří mezi velikány oboru respirační fyziologie. Narodil se r. 1926 v australském Adelaide, kde vystudoval i lékařskou fakultu. Pak odešel do londýnské nemocnice Hammersmith Hospital na stáž a rezidenturu, kterou dokončil v roce 1960 a vzápětí se věnoval vědecké práci s využitím dvou tehdy nových vynálezů: hmotnostního spektrometru umožňujícího analýzu malých vzorků a cyklotronu pro výrobu radioaktivních izotopů [5]. Profesor West působil na mnoha univerzitách a získal řadu cen a vyznamenání. Pracoval pro NASA a byl v roce 1983 předsedou vědeckého ověřovacího výboru pro Spacelab 4 a v roce 1984 členem jejího poradního výboru pro vědecké využití vesmírné stanice. V tomto roce také působil jako člen výboru NASA pro vesmírnou biologii. V roce 1970 byl zvolen členem American Physical Society a v roce 1981 členem Rady, o dva roky později se stal jejím zvoleným prezidentem (1983) [5]. Je po něm pojmenovaná cena udělovaná za celoživotní přínos v oblasti funkčního zobrazování plic.

John B. West popsal své hlavní výzkumné zájmy v pěti okruzích [5]:

- Zkoumání plicních funkcí, zejména vztahu ventilace a perfuze, analýzou vydechovaných plynů pomocí respiračního hmotnostního spektrometru.
- Měření nerovnosti ventilace a průtoku krve v plicích inhalací krátkodobých radioaktivních plynů. S využitím této metody několik let řešil příčiny nerovnoměrnosti průtoku krve a ventilace.
- Fyziologie dýchání ve vysokých nadmořských výškách měřením během dvou expedic na Everest.
- Analýza výměny plicních plynů, zejména vztahu ventilace a perfuze. Jedním z výsledků byl vývoj počítačových modelů pro analýzu tohoto obtížného problému.
- Vliv gravitace na mechaniku plic.

Kromě již citované práce v úvodu je znám svými pozoruhodnými výzkumy plicních funkcí v extrémních podmínkách. Záhy poté co v r. 1960 získal na Londýnské univerzitě titul Ph.D., byl pozván, aby se připojil k himálajské vědecké a horolezecké expedici sira Edmunda Hillaryho jako fyziolog. Expedici Silver Hut v letech 1960–1961, oficiálně známou jako Himálajská vědecká a horolezecká expedice, iniciovali Edmund Hillary a Griffith Pugh (britský fyziolog a horolezec) spolu s Johnem Dienhartem z americké společnosti World Books (výrobce dětské encyklopedie), aby zjistili, zda se dá na Mt. Everest vystoupat bez použití kyslíku [6]. Vědecká fáze expedice zde trvala od listopadu 1960 do března 1961. Fyziologická měření v nadmořské výšce 5 800 m, kde je obsah kyslíku ve srovnání s úrovní moře poloviční, přinesla řadu výsledků. Výkonnost se snížila zpočátku na polovinu, později se zlepšila až na dvě třetiny normálu. Průměrná arteriální saturace kyslíkem v klidu byla 67 % a při zátěži 300 kg.m.min⁻¹ (cca 50 W) a 900 kg.m.min⁻¹ byla 63, resp. 56 %, během těžké fyzické zátěže bylo zaznamenáno několik hodnot saturace nižších než 50 % [7].

Plicní výměně plynů na Everestu se věnoval i na své druhé výpravě (American Medical Research Expedition), kdy sledoval plicní funkce horolezců ve výškách 8 050 m (barometrický tlak 284 mmHg), 8 400 m (267 mmHg) a 8 848 m (vrchol Mount Everestu, 253 mmHg). Celkem analyzovali pomocí odběru vydechovaného vzduchu do speciálních vakuových kontejnerů 34 vzorků, včetně 4 vzorků získaných od horolezců na nejvyšším vrcholu světa [8, 9]. Rovněž byla odebrána žilní krev od

KORESPONDENČNÍ ADRESA AUTORA:

doc. MUDr. Jiří Málek, CSc., malekj@fnkv.cz

Článek přijat redakcí: 22. 8. 2025; **Článek přijat k tisku:** 24. 8. 2025

Cit. zkr: Anest intenziv Med. 2025;36(3):211-212

dvou horolezců ve výšce 8050 m n. m. ráno po jejich úspěšném výstupu na vrchol (24. 10. 1984). Alveolární parciální tlak CO_2 klesal přibližně lineárně s klesajícím barometrickým tlakem až na hodnotu 7,5 mmHg na vrcholu. Při respiračním kvocientu 0,85 to znamenalo, že alveolární koncentrace O_2 byla 35 mmHg. U dvou osob, které dosáhly vrcholu, byl ráno průměrný BE ve výšce 8050 m -7,2 meq.l⁻¹, a za předpokladu stejné hodnoty v předchozím dni by arteriální pH na vrcholu bylo vyšší než 7,7. Arteriální pO_2 bylo vypočteno z dostupných údajů na 28 mmHg [9]. Navzdory závažné arteriální hypoxemii, vysokému pH a extrémně vysokému tlaku v arteriálním řečišti byli horolezci na vrcholu schopni provádět jednoduché úkony.

V roce 1978 popsal první měření vlivu beztíže na rozložení ventilace a průtoku krve v plicích, experiment byl provedený na letounu Learjet letícím parabolickým letem trvajícím 27 s. Vzhledem k jeho trvalému zájmu o vlivu gravitace na plíce se domníval, že by bylo užitečné studovat plíce ve stavu beztíže po delší dobu a předložil NASA návrh na studium plicních funkcí u astronautů. Návrh byl následující rok schválen a NASA mu poskytovala finanční podporu až do roku 2006. Měření plicních funkcí bylo provedeno na astronautech

během letů raketoplánů trvajících 9 a 14 dní a porovnáno s rozsáhlými pozemními měřeními před lety a po nich [10]. V porovnání s měřeními před letem se srdeční výdej během kosmického letu zvýšil o 18 % a systolický objem se zvýšil o 46 %. Ke zvýšení systolického objemu došlo paradoxně při snížení centrálního žilního tlaku a objemu cirkulující krve. Difuze kapacity se zvýšila o 28 %, což může odrážet účinky rovnoměrného plnění plicního kapilárního řečiště. Rozložení průtoku krve a ventilace v celé plíci bylo prostorově rovnoměrnější, ale určité nerovnoměrnosti přetrvávaly, což ukazuje na význam negravitačních faktorů. Překvapivým zjištěním bylo, že uzavěrový objem byl přibližně stejný v mikrogravitaci i v normální gravitaci, což zdůrazňuje význam mechanických vlastností dýchacích cest pro jejich uzavření. Reziduální objem se v mikrogravitaci nečekaně snížil o 18 %, pravděpodobně v důsledku rovnoměrné alveolární expanze [10]. Výsledky naznačily možnost, že ačkoliv jsou plicní funkce v mikrogravitaci značně změněny, tak žádná z dosud pozorovaných změn zřejmě nebude omezovat dlouhodobý let do vesmíru. Údaje navíc pomohly objasnit, jak gravitace ovlivňuje plicní funkce v prostředí s normální gravitací na Zemi.

PROHLÁŠENÍ AUTORŮ: Prohlášení o původnosti: Práce je původní a nebyla publikována ani není zaslána k recenznímu řízení do jiného média. **Střet zájmů:** Prohlašuji, že nemám střet zájmů v souvislosti s tématem práce. **Financování:** Žádné. **Poděkování:** Děkuji prof. MUDr. Pavlu Ševčíkovi, CSc., za jeho upozornění na osobnost prof. Westa.

LITERATURA

1. West JB, Dollery CT, Naimark A. Distribution of blood flow in isolated lung; relation to vascular and alveolar pressures. *J Appl Physiol.* 1964 Jul;19:713-24. doi: 10.1152/jap.1964.19.4.713.
2. Permutt S, Riley RL. Hemodynamics of Collapsible Vessels with Tone: The Vascular Waterfall. *J Appl Physiol.* 1963;18:924-932. doi: 10.1152/jappl.1963.18.5.924.
3. Yartsev A. West's zones of the lung. 24. 11. 2019. [online]. [cit. 2025-08-15]; Dostupné z: <https://derangedphysiology.com/main/cicm-primary-exam/respiratory-system/Chapter-072/wests-zones-lung>
4. West JB, Dollery CT. Distribution of blood flow and ventilation-perfusion ratio in the lung, measured with radioactive carbon dioxide. *J Appl Physiol.* 1960 May;15:405-10. doi: 10.1152/jappl.1960.15.3.405
5. John B. West. [online]. [cit. 2025-08-15]; Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20130306053203/http://the-aps.org/fm/presidents/introjbw.html>
6. Wikipedia. 1960-61 Silver Hut expedition. [online]. [cit. 2025-08-15]; Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/1960%E2%80%9361_Silver_Hut_expedition
7. West JB, Lahiri S, Gill MB, Milledge JS, Pugh LG, Ward MP. Arterial oxygen saturation during exercise at high altitude. *J Appl Physiol.* 1962 Jul;17:617-21. doi: 10.1152/jappl.1962.17.4.617
8. West JB. American medical research expedition to Everest, 1981. *The Himalayan Journal.* [online]. [cit. 2025-08-15]; Dostupné z: <https://www.himalayanclub.org/hj/39/4/american-medical-research-expedition-to-everest-1981/>
9. West JB, Hackett PH, Maret KH, Milledge JS, Peters RM, Pizzo CJ, et al. Pulmonary gas exchange on the summit of Mt. Everest. *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 1983;55:678-687.
10. West JB, Elliott AR, Guy HJ, Prisk GK. Pulmonary function in space. *JAMA.* 1997 Jun.